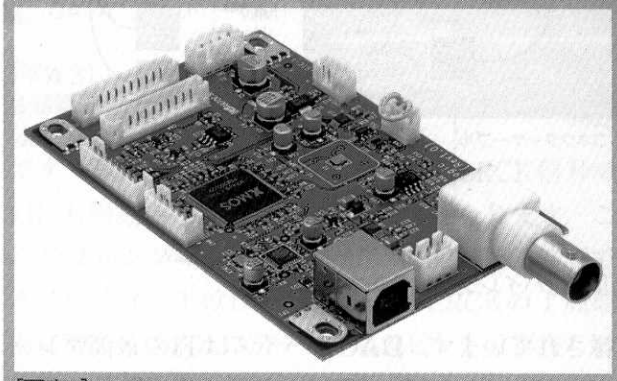
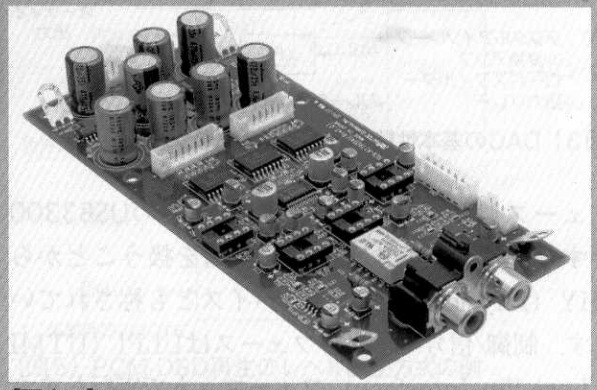
ラトックシステムの基板キットによるハイレゾ再生



[写真1] REX-K24192DSDU

USB2.0（High-Speed），Audio Class2 準拠
対応PCM信号：16/24ビット，f_S=44.1 ～ 192kHz
対応DSD信号：DSD64（DoP，f_S=2.8224MHz）
対応OS：Windows7/8/Vista/XP，MacOS10.7以降
電源：電源電圧・標準＋5V，電源電流・標準180mA
DAC（PCM1792A）用制御信号出力/ミュートリレー制御用信号出力/PGA制御用信号出力(オプション)/動作LED制御用信号出力(オプション)/外部10MHzクロック入力(オプション)
Windows用ドライバーソフト付属
オープン価格(ラトック通販では税込30,652円)



[写真2] REX-K1792DA1
(REX-K24192DSDU用D/Aコンバーター)

対応PCM信号：16/24ビット，f_S=44.1 ～ 192kHz
対応DSD信号：DSD64（DoP，f_S=2.8224MHz）（DACとしてはDSD/5.6448MHz対応可）
オーディオ出力：2.4Vrms/PCM，2Vrms/DSD
主要オーディオ特性(PCM)
　THD+N：標準0.0005% /24ビット，標準0.0012% /16ビット
　ダイナミックレンジ：標準122dB/24ビット，標準100dB/16ビット
　S/N：標準122dB
　アナログLPF帯域：59kHz/－3dB，72kHz/－6dB
電源：DAC用標準6V，アナログ用標準±18V
オープン価格(ラトック通販では税込35,795円)

USB/ネットオーディオを自作できるか？

USB/ネットオーディオ機器に求められる「ハイレゾ音源再生」機能には，次の3点が含まれます．

・24ビット量子化PCM信号再生対応
・f_S＝96kHz/192kHz，基準サンプリングレート対応
・1ビットDSD信号再生対応

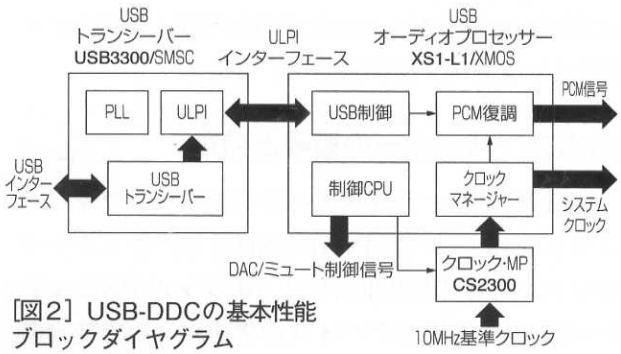
ハイレゾ対応，DSD対応とすると，マニアでも相当ハードルが高くなります．最も困難なのがUSB 2.0, High Speed, Audio Class2に対応する「USB・I/O→PCM再生」機能の構成（**図1**）です．USBトランシーバー機能とUSBオーディオプロセッサー機能の対応デバイスはいくつか存在します．しかし，それらのデバイスはUSB規格とデバイス制御に関しての高度な知識と，プログラム，ファームウエア作成などの能力が求められます．USBマイコンも同様で，FPGAデバイスとの組み合わせなど，初心者には困難です．

ラトックシステムが発売している「ハイレゾ音源対応USBオーディオ」キット製品の代表例として，DDC基板のREX-K24192DSDU（**写真1**）とUSB DAC基板REX-K1792DA1（**写真2**）の組み合わせがあります．ハイレゾ音源（PCMおよびDSD）対応のUSBオーディオ機能を構築することができます．**図1**におけるUSBトランシーバー部とUSBコントロール＋オーディオプロセッサー部の機能はUSB-DDCキットが実行し，DAC部およびアナログ出力回路部の機能はD/Aコンバーターキットが実行します．

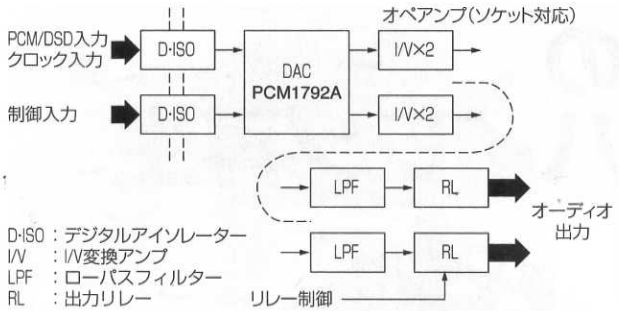
[図1] USBオーディオの基本性能ブロック図

USB-DDCキットの概要と特徴

図2にUSB-DDCキットの基本機能の簡略ブロック図を示します．ホストPCとのUSBインター



[図2] USB-DDCの基本性能ブロックダイヤグラム



[図3] DACの基本性能ブロックダイヤグラム

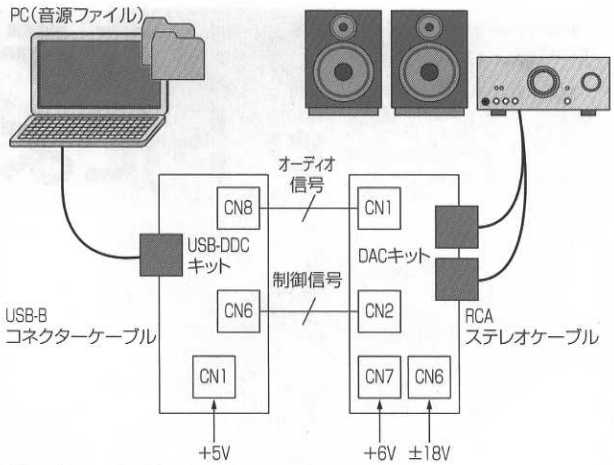
フェース動作を実行するのがSMSCのUSB3300です．このデバイスはUSB物理層を扱うことからPHY（Physical Layer）デバイスとも称されています．制御/信号インターフェースはULPI（UTMI＋Low Pin Interface）フォーマットで実行します．XS1-L1はXMOSの定番USB対応デバイスで，リファレンスデザインボードの普及がUSBオーディオの普及に技術的貢献しているといえます．機能としてはUSBインターフェースを実行するためのUSB制御とPCM信号複調で，制御用のマイコンが内蔵されています．クロック・MP，CS2300はシーラスロジックのクロックマルチプライヤーデバイスで，10MHz基準クロックからサンプリングレートf_sに同期する低ジッターマスタークロックを生成します．

USBインターフェースでは，デバイスディスクリプトなどの基本情報交換後はアイソクロナス伝送で，アシンクロナスモードが用いられています．PCM複調時のクロックとUSB伝送クロックは関係なく独立しているので，USBインターフェース上のクロックジッターの影響は原理上ありません．マスタークロック生成に用いられているCS2300はデジタルシンセサイザーとして機能し，当該デバイスのデータシートにジッター仕様は，周期ジッターで標準35psが規定されています．これは標準的なクリスタル発振より低ジッター特性です．

USB制御やDAC制御に関係する部分は，あらかじめCPU制御機能にファームウエアで書き込まれているので，基本的には外部からのプログラム制御は必要ありません．この点が当該キットの最大の利点ともいえます．

D/Aコンバーターの概要と特徴

図3にD/Aコンバーターの機能ブロックダイアグラムを示します．PCM/DSD信号，マスタークロック，制御デジタル信号は，デジタルアイソレーターによってDACデバイスのアナログ部と完全絶



[図4]ハイレゾ再生の基本構成

縁されています．DACデバイスはTIの最高グレードモデルであるPCM1792Aを用いています．

PCM1792Aの出力は差動電流出力なのでI/V変換回路は合計4回路必要です．オペアンプICはTIのOPA627APなどの高性能品が推奨されますが，ICソケットを用いているので，換装もできます．出力回路は2次MFB型LPF兼バランス/シングル変換回路で，TIのOPA1641を用いています．

PCM1792Aはソフトウエアモードで動作し，オーディオインターフェースフォーマットやPCM/DSD再生動作切り換え，DSD再生時のDSDフィルター選択などの制御信号はUSB-DDCキット部とインターフェースします．

ハイレゾ再生のハードとソフト

図4にUSB-DDCキットとDACキットの組み合わせによるハイレゾ再生の構成を示します．オーディオ信号系と制御信号系のみの接続で動作します．

一方，ソフトウエアとしては，Windows PCではキットに付属されているUSBドライバーのインストール，foobar2000＋WASAPIなどのハイレゾ音源対応の音楽ファイル再生ソフトが必要です．

ハイレゾ再生のチェック

ハイレゾ再生を自作キットで構成した場合，回路，接続，設定の中でひとつでもミスがあると完全な再生ができなくなります．組み合わせ状態で，PC収納のハイレゾ音源が，そのフォーマット（例えば24ビット，f_s＝192kHz，PCMデータ）でUSB信号インターフェースされ，かつDACにPCM信号が入力されているかが基本確認事項です．これをUSB信号で判断するのは困難なので，DAC部の入力信号をオシロスコープで観測するのが最も簡単で確実